

# La presencia de la Astrofísica en la DGTIC

Alfredo J. Santillán





# Cómputo y Astronomía

- ☒ Control de Instrumentos.
- ☒ Adquisición y almacenamiento de imágenes.
- ☒ Procesamiento y análisis de datos.
- ☒ Simulación numérica.
- ☒ Acceso y manipulación de bases de datos.
- ☒ Servicios (correo, internet, ftp, etc.)

# 1a Computadora ENIAC (1946)



John P. Eckert y John W. Mauchly (U. de Pennsylvania)  
 17.468 válvulas o tubos de vidrio al vacío  
 32 toneladas de peso, 2,40 m de ancho y 30 m de largo  
 Operaciones: 5,000 (+) y 360 (x) por segundo.



**National Center for Computational Sciences  
(NCCS) Laboratorio Nacional Oak Ridge USA.**



CRAY the Supercomputer

1. **18 mil 688 nodos** de cálculo dual hex-core AMD Opteron, i.e., **224 mil 256 núcleos**.
2. **300 TB de memoria RAM.**
3. **2 mil 300 billones de operaciones de punto**

1. **7 mil 832 nodos** del tipo quad-core AMD Opteron i.e., **31 mil 328 núcleos**.
2. **62 TB memoria RAM.**
3. **263 billones de operaciones de punto**

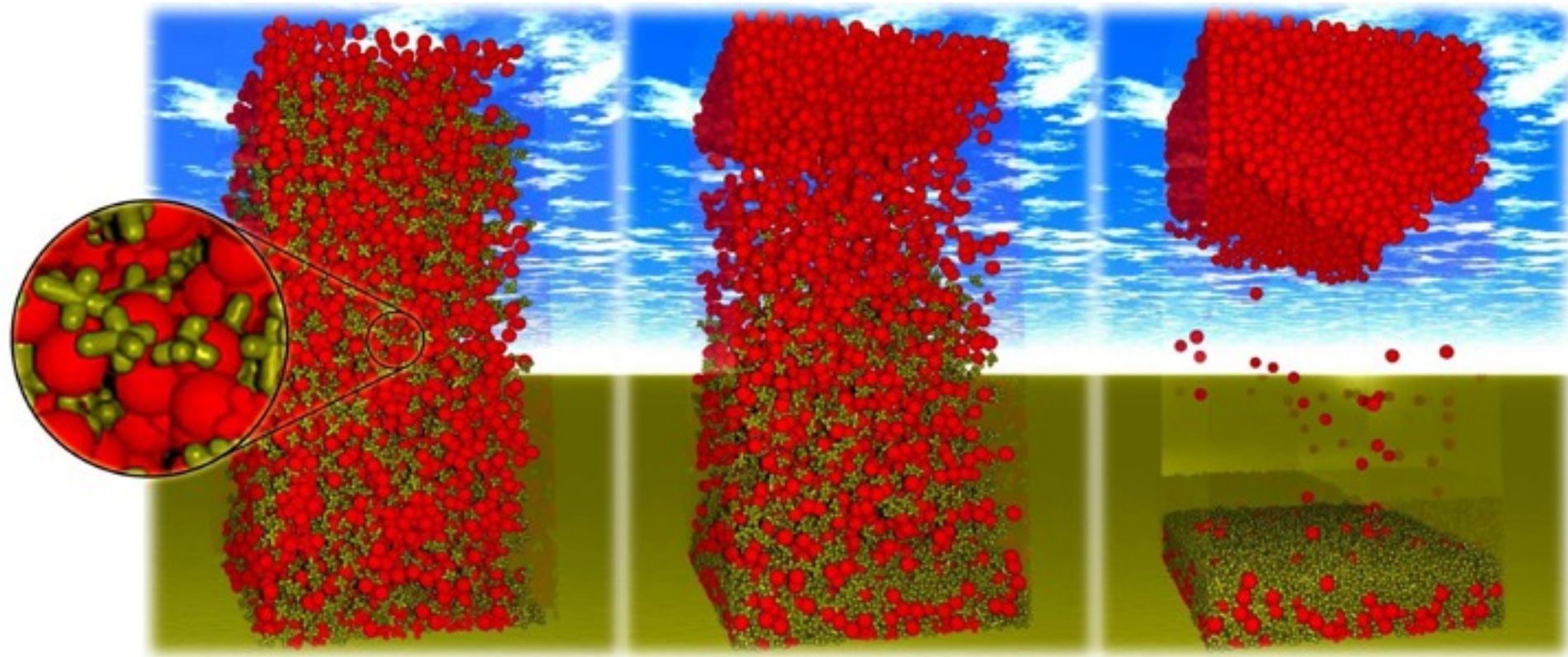


# Direct Numerical Simulation of Particulate Flows on 294 912 Processor Cores

Jan Götze\*, Klaus Iglberger\*, Markus Stürmer\*, and Ulrich Rüde\*,\*\*

\*Chair for System Simulation, University Erlangen-Nuremberg, Cauerstr. 6, 91058 Erlangen, Germany

\*\*Cluster of Excellence "Engineering of Advanced Materials", Nägelsbachstr. 49b, 91052 Erlangen, Germany



Segregation simulation of 12 013 objects with two different shapes in different time steps simulated on 2 048 cores in a box. Density values of 0.8 kg/dm<sup>3</sup> and 1.2 kg/dm<sup>3</sup> are used for the objects in water with density 1 kg/dm<sup>3</sup>

# 50 Años de Cómputo en México

- Sergio Beltrán
- Alberto Barajas
- Carlos Graeff
- Nabor Carrillo





A principios de 1959 el Centro ya prestaba activamente servicios tanto a la comunidad universitaria como extramuros. Operaba día y noche lo cual era toda una novedad. De los primeros cálculos en la IBM 650 fueron:

- \* El valor numérico de los brashinkets que Tomás Brody realizaba en investigación conjunta con Marcos Moshinsky.
- \* Diseños con base en Ingeniería sísmica que realizaba Jorge I. Bustamante.
- \* Cálculo de masas y luminosidades de cúmulos estelares que Iturriaga realizaba para Arcadio Poveda.
- \* Cálculo de mareas en diferentes puertos del país del instituto de Geofísica.
- \* “Estructuras en cajón”: túnel de concreto para la primera línea del Metro de la ciudad de México.
- \* El “encaje legal” del Banco de México, cuando todavía lo imponía a los bancos.
- \* La nómina de Bancomer. Por cierto era famosa la anécdota de la angustia del encargado de ese proceso cuando perdió la tarjeta perforada con los datos de, como él decía: Don Manuelito Espinosa Iglesias.

*Renato Iturriaga 18 junio 2008*

# Antecedentes

(<http://www.revista.unam.mx/vol.0/art4/arti4.html>)

1958	<p>Inicio del Cómputo en México</p> <p>Computadora Electrónica IBM 650 (200 operaciones por segundo)</p> <p>Centro de Cómputo Electrónico, UNAM</p>
1960	<p>Arcadio Poveda (IAUNAM)</p> <p><i>Analizar movimientos estelares en una galaxia</i></p>
1963	<p>Renato Iturriaga (CCE-PUC)</p> <p><i>Análisis numérico del problema de N-cuerpos</i></p>
<p>Con estos dos trabajos da inicio la era de las Simulaciones Numéricas en la Astronomía Mexicana.</p>	
1965	<p>Bendix G20</p> <p>(83,000 operaciones por segundo)</p>



# IBM 650

# G-20

With the Bendix  
G-20 Computer  
You Can

# MOVE UP to

TODAY'S MOST ADVANCED COMPUTING "PACKAGE"

# RUN-AWAY STARS AS THE RESULT OF THE GRAVITATIONAL COLLAPSE OF PROTO-STELLAR CLUSTERS.

*A. Poveda, J. Ruiz and C. Allen*

## Abstract

Some of the difficulties in our present understanding of the origin of run-away stars and expanding clusters are briefly discussed; an alternative explanation for these phenomena is proposed here as the result of dynamical interactions during the collapse of small clusters of massive stars. The initial conditions of the collapse are discussed and justified in terms of current ideas on star formation, and the dynamical evolution of 54 cases of collapsing clusters (containing 5 and 6 stars) is followed numerically. Out of these 54 cases a total of 38 run-away stars were formed with velocities larger than 35 km/sec and up to 185 km/sec with percentages of production that go as high as 15% of the stars involved in different clusters. Approximately one half of the run-away stars are produced together with a second star having positive energy and running in opposite direction. Twelve clusters ejected at least one half of their stars with positive energy.

## Sumario

Se discuten brevemente algunas de las dificultades que actualmente se tienen para explicar el origen de las estrellas desbocadas y de los cúmulos en expansión. Se propone una explicación alternativa para estos fenómenos, como resultado de las interacciones dinámicas durante el colapso de cúmulos pequeños de estrellas masivas. Las condiciones iniciales para el colapso se discuten y se justifican con base en las ideas actuales acerca de la formación de las estrellas. Se ha calculado numéricamente la evolución dinámica de 54 cúmulos en colapso. De estos 54 cúmulos se formaron un total de 38 estrellas desbocadas con velocidades mayores de 35 km/seg. y hasta de 185 km/seg. El porcentaje de desbocadas respecto al número total de estrellas en los diversos cúmulos llega al 15%. Aproximadamente la mitad de las desbocadas se produjeron acompañadas por otra estrella con energía positiva escapándose en dirección opuesta. En doce cúmulos la mitad (o más) de las estrellas se fugaron con energía positiva.



Fig. 1.—Initial positions and velocities of the stars from Table 1, projected on the plane defined by the velocity vectors of the run-away star and its opposite. Star 1 is at the center of mass of the cluster.

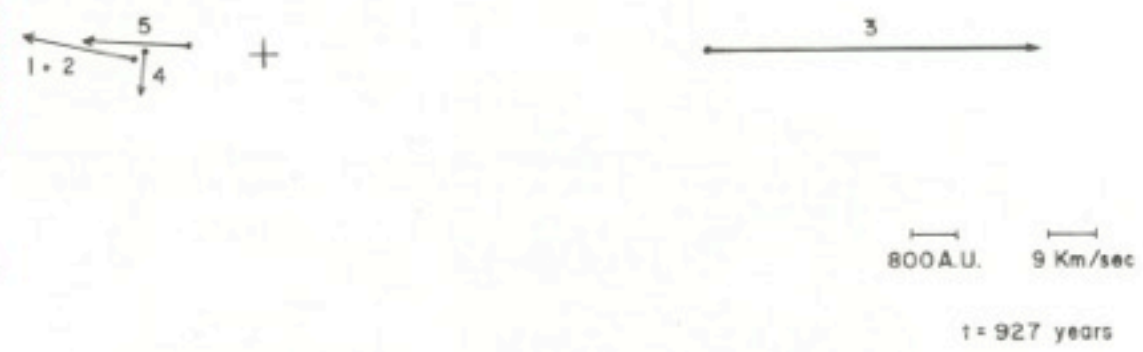


Fig. 2.—Positions and velocities of the same stars projected on the same plane after 927 years. Stars number 1 and 2 form a close pair for which only the position and velocity of the center of mass is shown. The cross shows the position of the center of mass of the cluster. The system formed by stars 1, 2, and 4 is bound and escapes with a velocity of 15.5 km/sec.

**Programadores**  
**Christine Allen**  
**Jorge Ruíz**

**Tarjetas perforadas**

**¡Mil horas de cálculos!**  
**8pm a 8 am**





- **Millennium Simulation:** la simulación de N-cuerpos más grande que se ha realizado hasta el momento.
- **Max Planck, Supercomputing Center, Garching, Alemania.**
- **Más de 10 mil millones de partículas.**
- **Los datos ocupan 25 TB (25 millones de Megabytes).**
- **Cubo de ~ 60 Gpc de lado.**
- **20 millones de galaxias.**
- **Más de un mes de cálculos numéricos continuos en una SC-IBM.**
- **Virgo consorcio, grupo internacional de astrofísica de UK, Alemania, Japón, Canadá y USA.**

# Cómputo Vectorial y Paralelo

1991	<p><b>CRAY-YMP 464</b></p> <p>Christine Allen &amp; Enrique Daltabuit (Dirección de Cómputo para la Investigación)</p> <p>1a Supercomputadora de Latinoamérica Nace el Depto. de Supercómputo-DGSCA 4P vectoriales a 133 MHz, 64 MWords de RAM</p>
1993	<p><b>First UNAM-CRAY Supercomputing Workshop, “Numerical Simulations in Astrophysics”</b></p> <p>J. Franco, S. Lizano, L. Aguilar &amp; E. Daltabuit</p>
1999	<p><b>CRAY-ORIGIN 2000</b></p> <p>40 procesadores, 195 MHz y 390Mflop/s por procesador, nodos de 2P y 512MB de memoria local, 10GB de memoria RAM total.</p>



# FIRST UNAM-CRAY SUPERCOMPUTING CONFERENCE

*Franco et al. 1993*

## Topics

Large Scale Structure of the Universe  
Clusters of Galaxies  
Galactic Systems  
Dynamics of the ISM  
Star Formation  
Planetary System Dynamics  
Accretion Disks  
Dynamics of SN Explosions

*Diseño Toña Zimerman*



Universidad Nacional  
Autónoma de México

**CRAY**  
RESEARCH, INC.

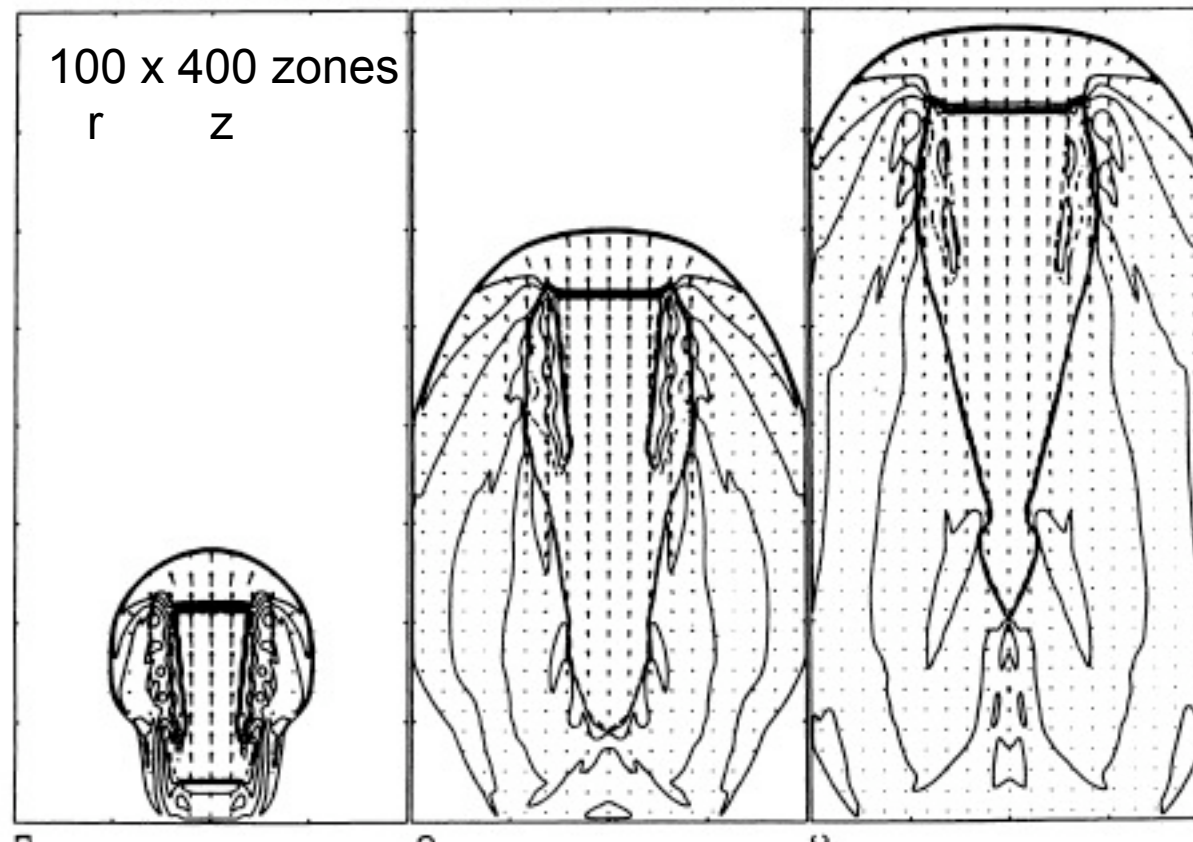
Alfredo J. Santillán González de 2011

# THE IMPACT OF SUPERNOVA FRAGMENTS ON THE EVOLUTION OF MULTISUPERNOVA REMNANTS

J. FRANCO,<sup>1</sup> A. FERRARA,<sup>2</sup> M. RÓŻYCZKA,<sup>3</sup> G. TENORIO-TAGLE,<sup>4</sup> AND D. P. COX<sup>5</sup>

*Received 1991 November 6; accepted 1992 September 25*

acknowledge the use of the CRAY/YMP of the Supercomputing Center-UNAM, where part of this work was performed. M. R. was supported by the grant KBN 2-1213-91-01 from the Committee for Scientific Research–Poland.





# NEW GALACTIC ORBITS AND TIDAL RADII FOR GLOBULAR CLUSTERS

Christine Allen and Alfredo Santillán<sup>1</sup>

Instituto de Astronomía  
Universidad Nacional Autónoma de México

*Received 1992 October 13*

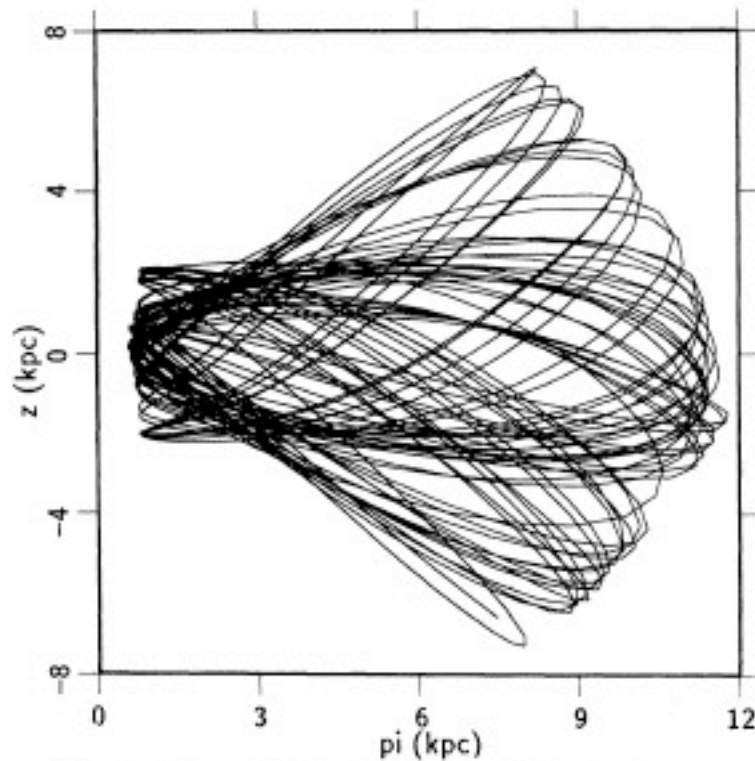


Fig. 1. The meridional orbit of NGC 362, Case 2.

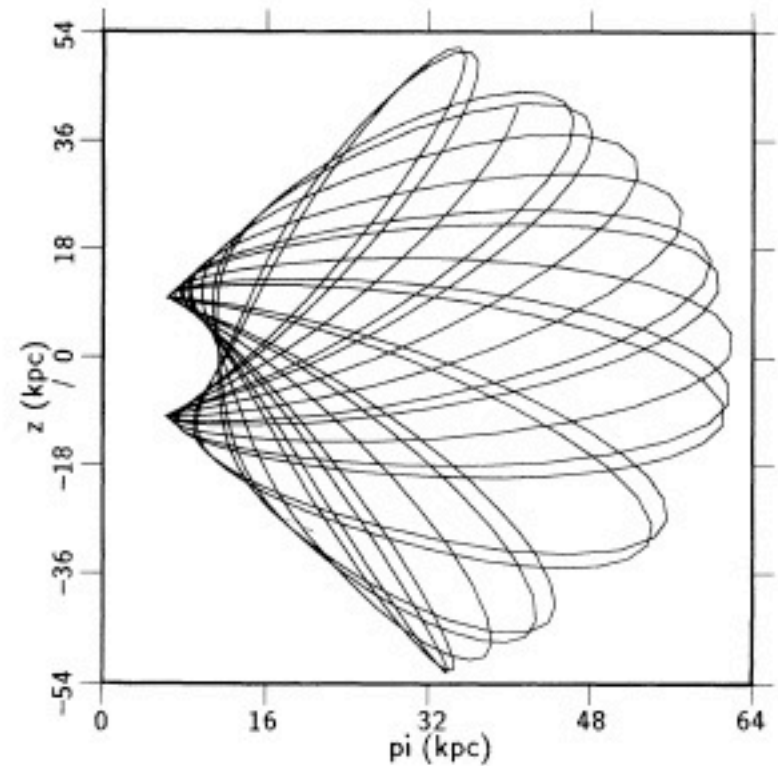
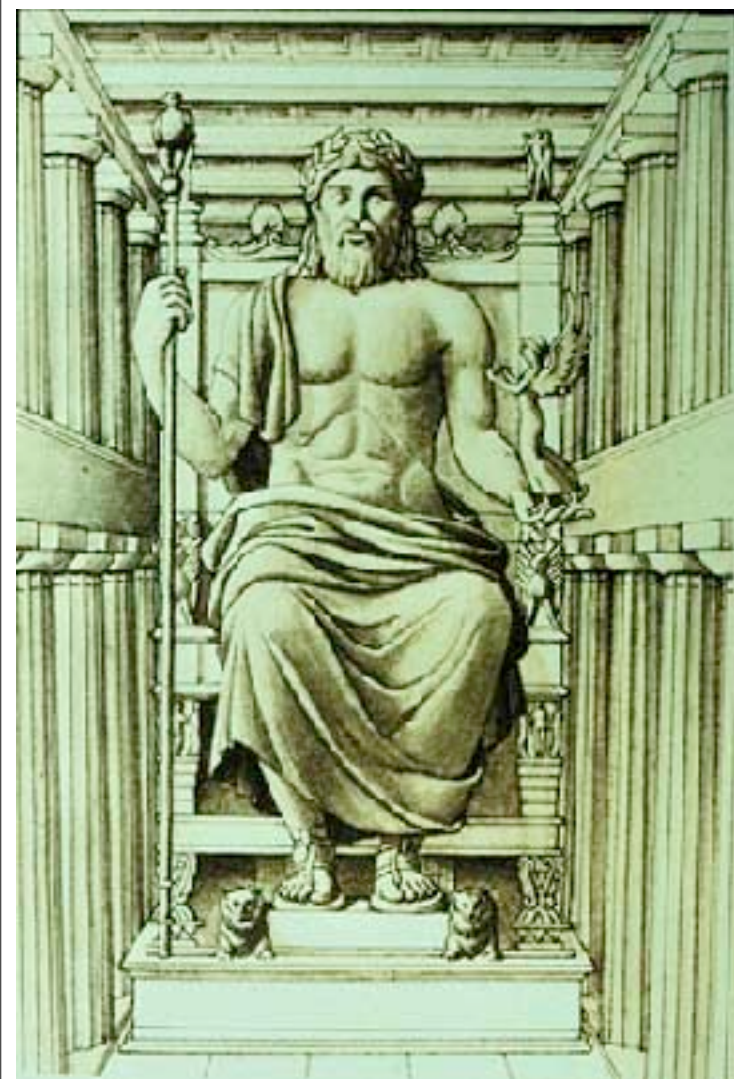


Fig. 3. The meridional orbit of NGC 4147.





- Marco A. Martos
- Guillermo García-Segura
- Alfredo Santillán
- Mauricio Reyes
- Gilberto Gómez
- Liliana Hernández
- Brenda Pérez
- Juan A. González
- Miguel Ángel Yáñez
- Más los que se acumulen...

$$\frac{D\rho}{Dt} + \rho \nabla \cdot \mathbf{v} = 0 ,$$

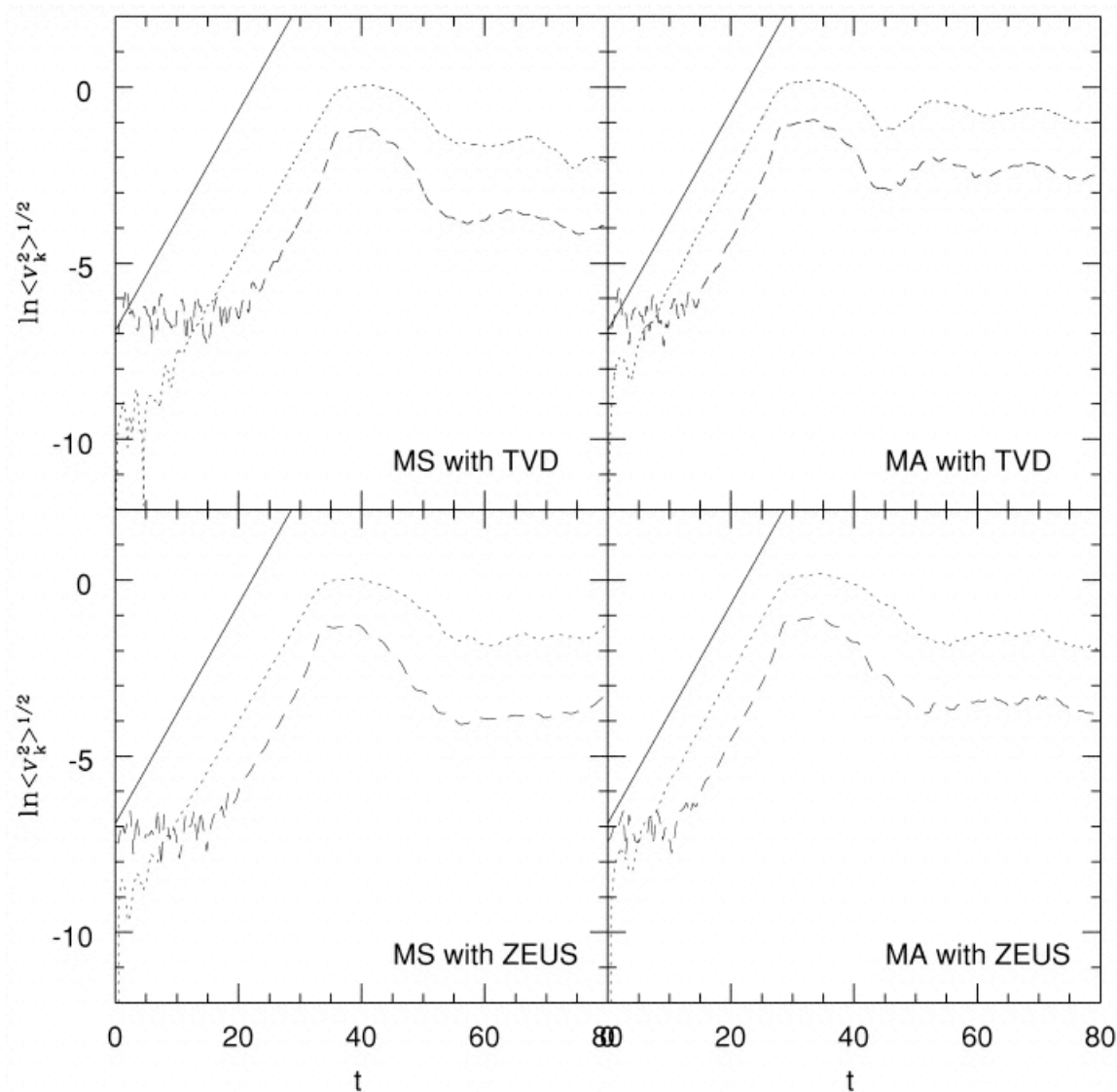
$$\rho \frac{D\mathbf{v}}{Dt} = -\nabla p - p \nabla \Phi + \frac{1}{4\pi} (\nabla \times \mathbf{B}) \times \mathbf{B} ,$$

$$\rho \frac{D}{Dt} \left( \frac{e}{\rho} \right) = -p \nabla \cdot \mathbf{v} ,$$

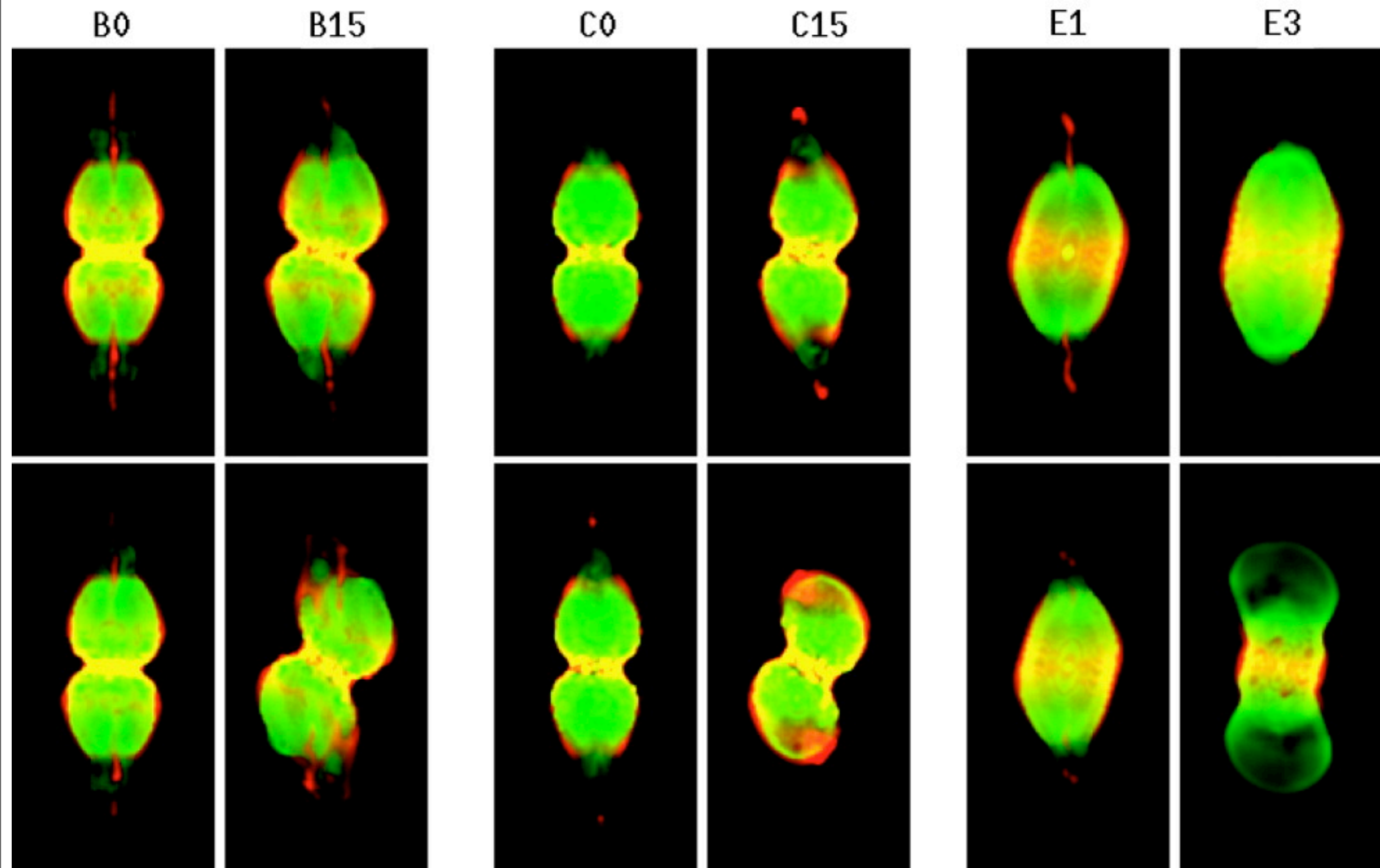
$$\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} = \nabla \times (\mathbf{v} \times \mathbf{B}) ,$$

# The Parker Instability in a Thick Gaseous Disk. II. Numerical Simulations in 2D

A. Santillán, J. Kim, J. Franco, M. Martos, S. S. Hong, & D. Ryu



# 3D-MHD Modeling of Planetary Nebulae. II. The Formation of Bipolar and Elliptical Nebulae with Point-symmetric Structures and Collimated Outflows. *García-Segura & López, ApJ, 2000.*

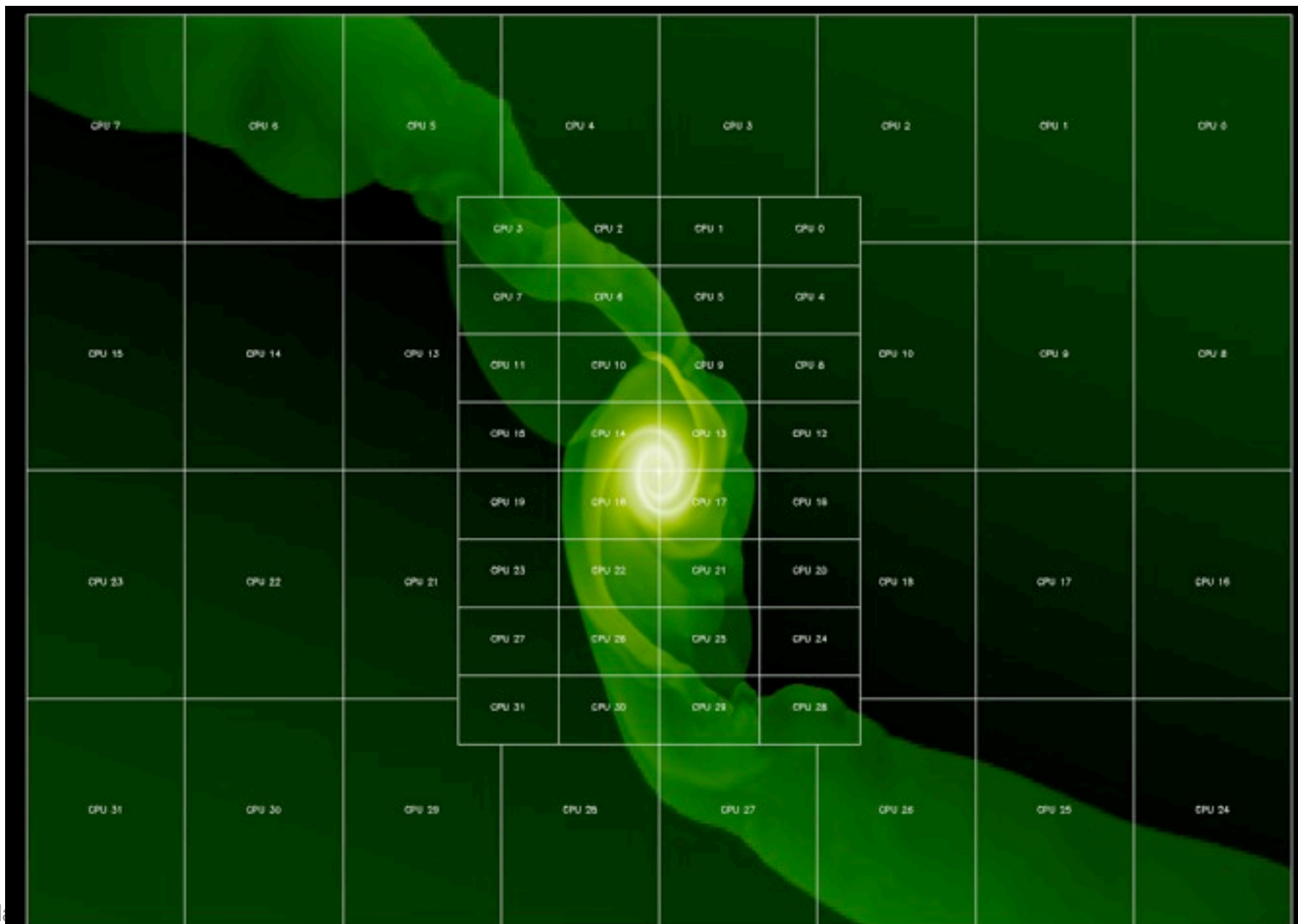


# Cómputo Paralelo



# ¿Qué es el Cómputo Paralelo?

Masset 2002



- \* In Mexico, the first Beowulf computer built in an academic institution was “Hormiga”, assembled by Alberto Vela of CINVESTAV in 1997-1998 (A. Vela 2002, private communication). (10 Pentium II processors at 233 MHz, linked using twisted pair Ethernet running at 100 Mbps)
- \* The second Beowulf machine built in Mexico at an academic institution is the machine we describe here: “La Granja”, built at the Ensenada branch of the Instituto de Astronomía of the National Autonomous University of Mexico (IAUNAM). (32 Pentium III processors of 450 MHz, Fast Ethernet card (10/100 Mbps).
- \* As far as we know, there is only a third Beowulf computer built in Mexico in an academic institution. This is a 20 Pentium III processor built at the Mexico City branch of the IAUNAM (D. Page 2002, private communication).

## LA GRANJA: A BEOWULF TYPE COMPUTER FOR NUMERICAL SIMULATIONS IN STELLAR AND GALACTIC DYNAMICS

H. Velázquez and L. A. Aguilar

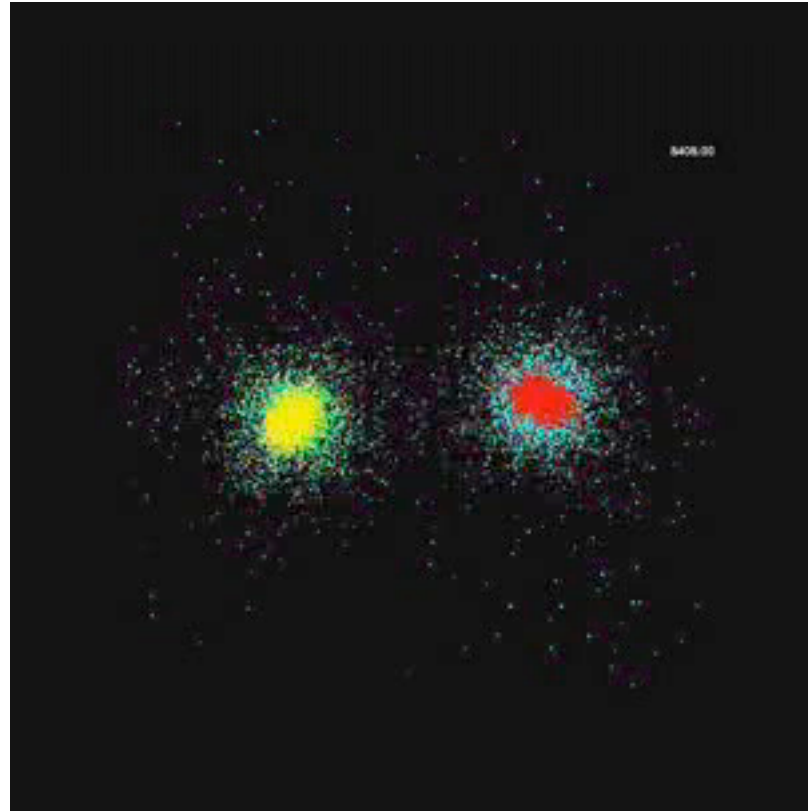
Instituto de Astronomía, UNAM, Ensenada, B. C., México

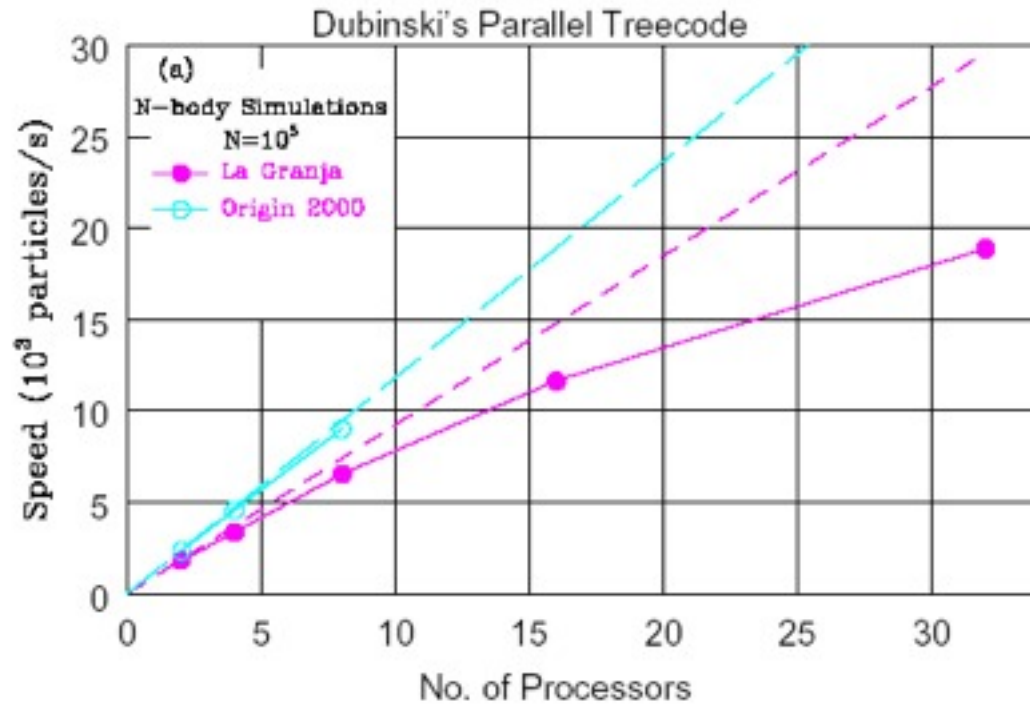
Received 2002 June 17; accepted 2003 May 14

### RESUMEN

Presentamos una computadora tipo "Beowulf" construida usando componentes comerciales y programas libres. Se compara su rendimiento en capacidad de cálculo y eficiencia en computaciones paralelas con el obtenido para una computadora Origin-2000 de la compañía SGI, usando dos códigos de N-cuerpos diferentes.

Se discute el impacto de esta tecnología, que abre la posibilidad de efectuar de manera rutinaria simulaciones con alrededor de un millón de partículas con una computadora "hecha en casa". Se muestra el efecto de mayor resolución numérica con simulaciones de un colapso sin disipación frío, y del calentamiento de la componente vertical del disco de una galaxia espiral que evoluciona aisladamente.



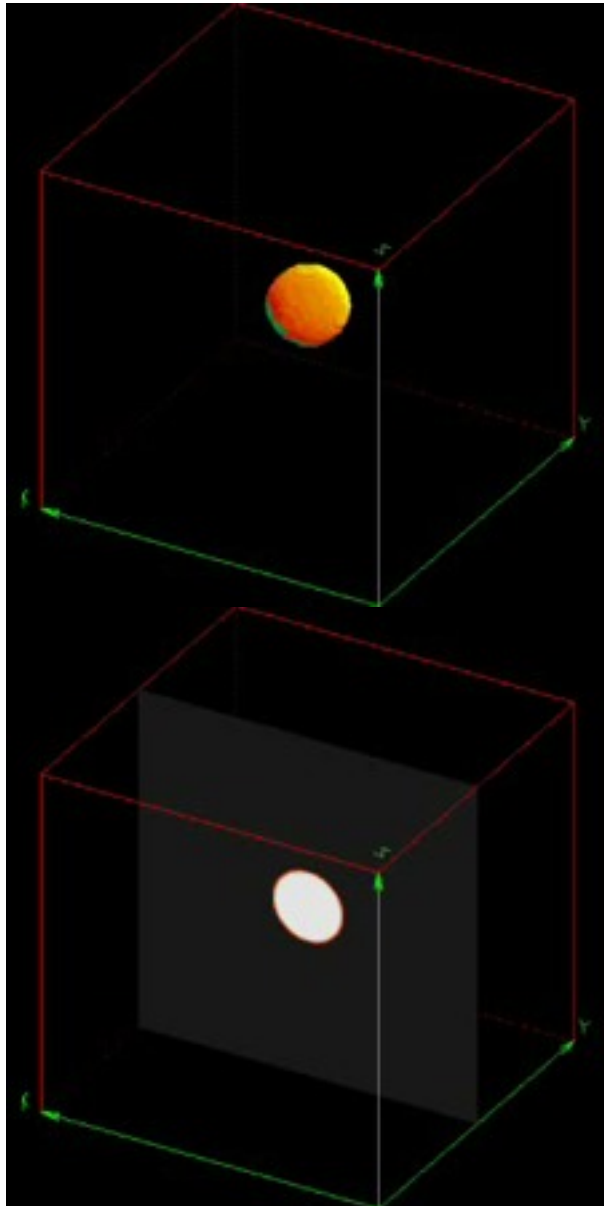




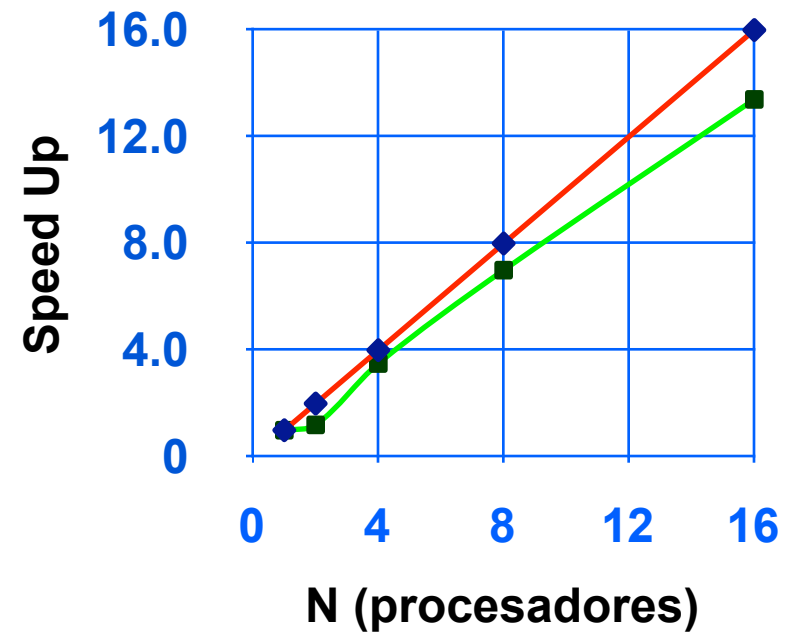
# BAKLIZ

NODOS	10 nodos ES45 AlphaServer SC 45
CPUS	Cada nodo tiene 4 procesadores alpha.
RAM	4 nodos cada uno con 4GB RAM y 4GB swap 4 nodos cada uno con 8GB RAM y 4GB
Discos	28 Discos de 36 GB => 1008 GB en total.
RED	Ethernet 1000 BaseT conectada directo a un switch CISCO 3550 latencia 3 $\mu$ s y ancho de banda 340MB/s





## Rendimiento



$$S_p = T_1 / T_p$$

**BISGAL**

**BAKLIZ**

# Cluster CRyA, UNAM



8 Nodos duales



Xeon a 2.4 GHz



RAM 3 GB RAM



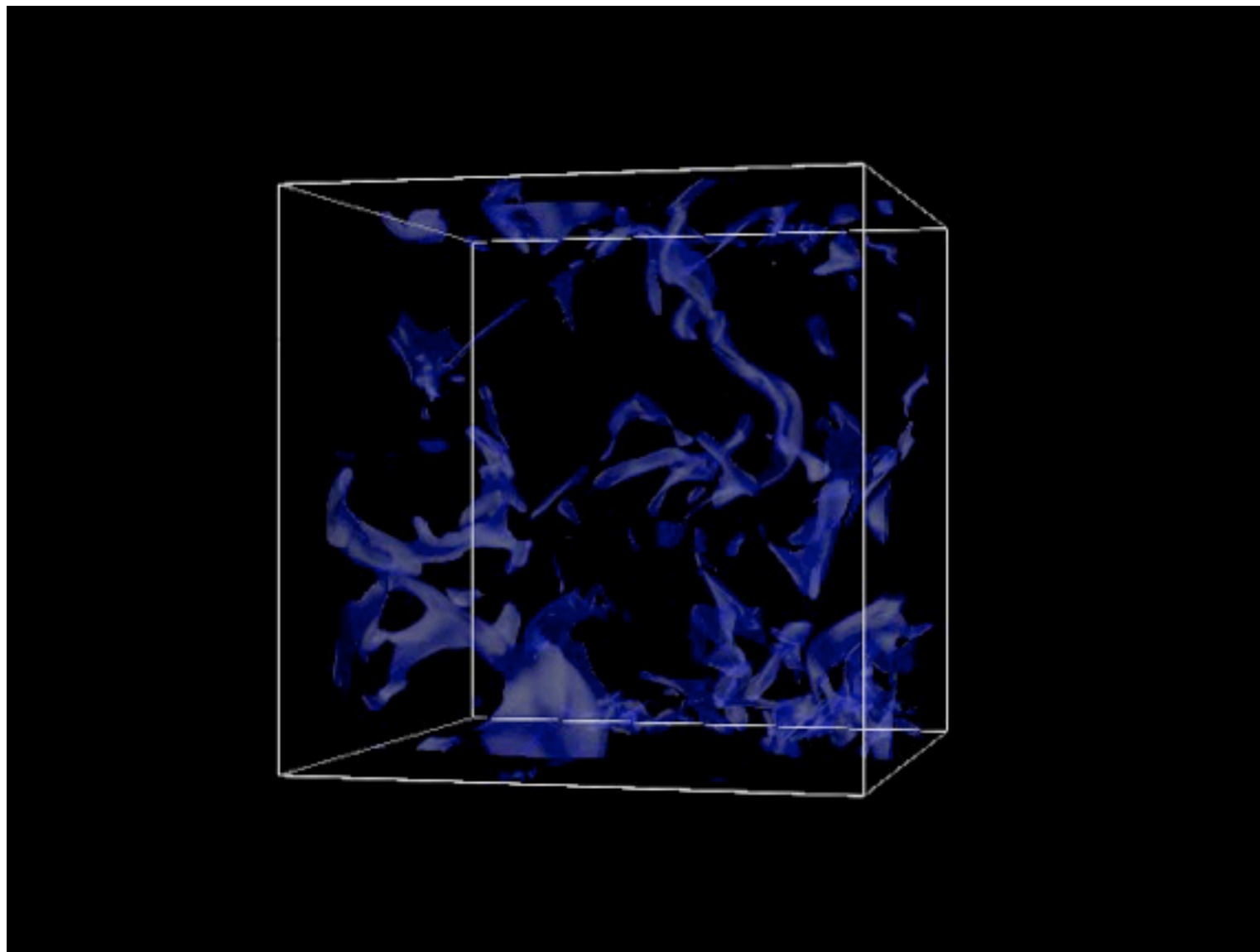
Disco Duro 30 GB + RAID de 1.4 TB



Conectividad Myrinet



# The Lifetimes and Evolution of Molecular Cloud Cores



- $10n_0$
- $30n_0$
- $100n_0$

$L = 4 \text{ pc}$

# KAN BALAM



*Esta supercomputadora tiene una capacidad de procesamiento de 7.113 Teraflops (7.113 billones de operaciones aritméticas por segundo). Cuenta con 1,368 procesadores (cores AMD Opteron de 2.6 GHz), una memoria RAM total de 3,000 Gbytes y un sistema de almacenamiento masivo de 160 Terabytes. Se encuentra instalada en la Dirección General de Servicios de Cómputo Académico (DGSCA) de la UNAM.*



# Radiation-magnetohydrodynamic simulations of the photoionization of magnetized globules

*William J. Henney, S. Jane Arthur, Fabio De Colle 2,3 and Garrelt Mellema*

We present the first three-dimensional radiation-magnetohydrodynamic simulations of the photoionization of a dense, magnetized molecular globule by an external source of ultraviolet radiation. We find that, for the case of a strong ionizing field, significant deviations from the non-magnetic evolution are seen when the initial magnetic field threading the globule has an associated magnetic pressure that is greater than 100 times the gas pressure. In such a strong-field case, the photoevaporating globule will adopt a flattened or 'curled up' shape, depending on the initial field orientation, and magnetic confinement of the ionized photoevaporation flow can lead to recombination and subsequent fragmentation during advanced stages of the globule evolution. We find suggestive evidence that such magnetic effects may be important in the formation of bright, bar-like emission features in H ii regions. We include simple but realistic fits to heating and cooling rates in the neutral and molecular gas in the vicinity of a high-mass star cluster, and show that the frequently used isothermal approximation can lead to an overestimate of the importance of gravitational instability in the radiatively imploded globule. For globules within 2 pc of a high-mass star cluster, we find that heating by stellar X-rays prevents the molecular gas from cooling below 50 K.

# Propuesta de sistema de ecuaciones que deben incluirse en los libros de texto de primaria...

conservation of mass

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \mathbf{v}) = 0$$

conservation of momentum

$$\frac{\partial \rho \mathbf{v}}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \mathbf{v} \mathbf{v} + p_{\text{tot}} \mathbf{I} - \mathbf{B} \mathbf{B}) = 0$$

conservation of energy

$$\frac{\partial e}{\partial t} + \nabla \cdot [(e + p_{\text{tot}}) \mathbf{v} - (\mathbf{v} \cdot \mathbf{B}) \mathbf{B}] = H - L$$

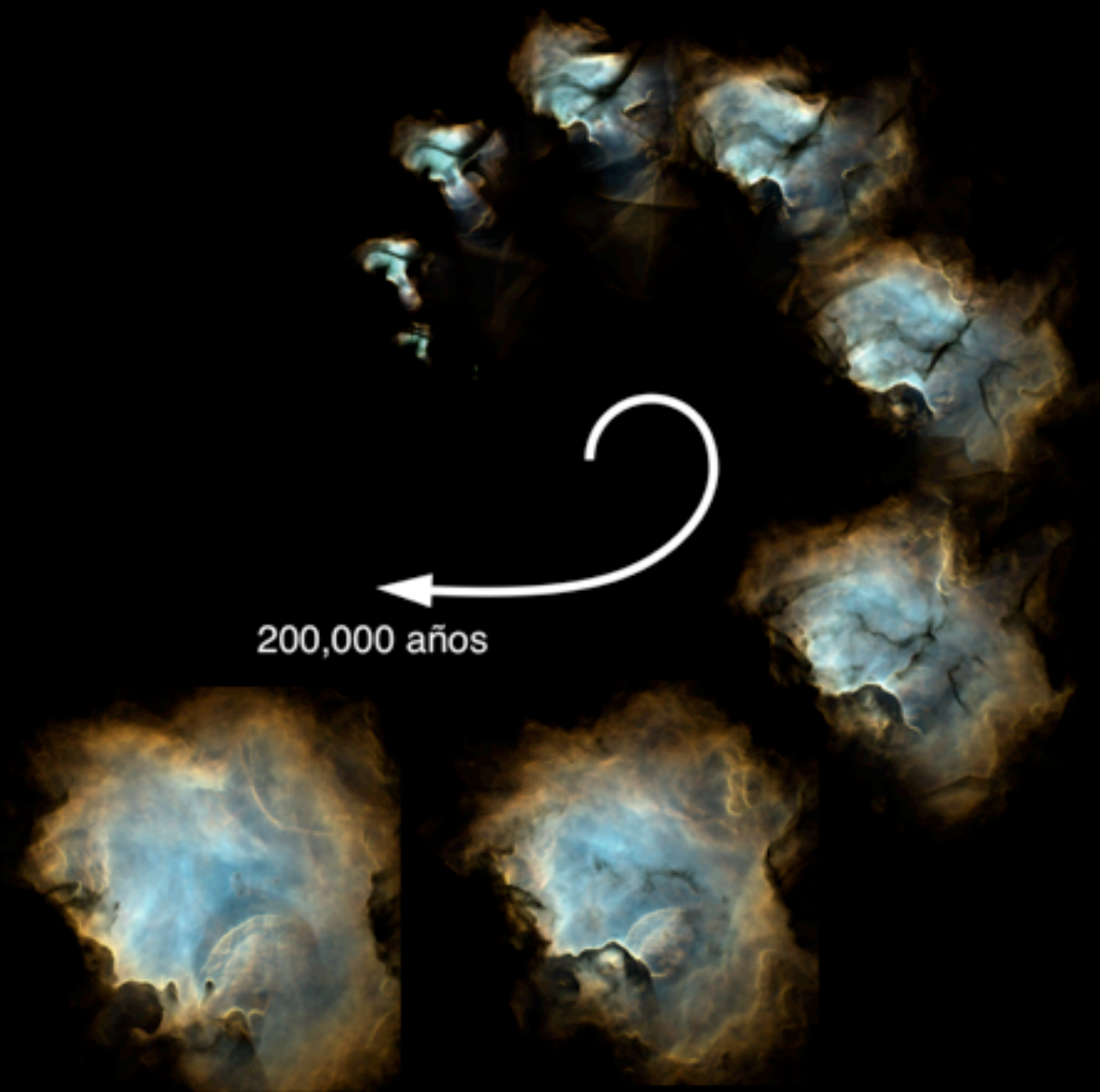
conservation of magnetic flux

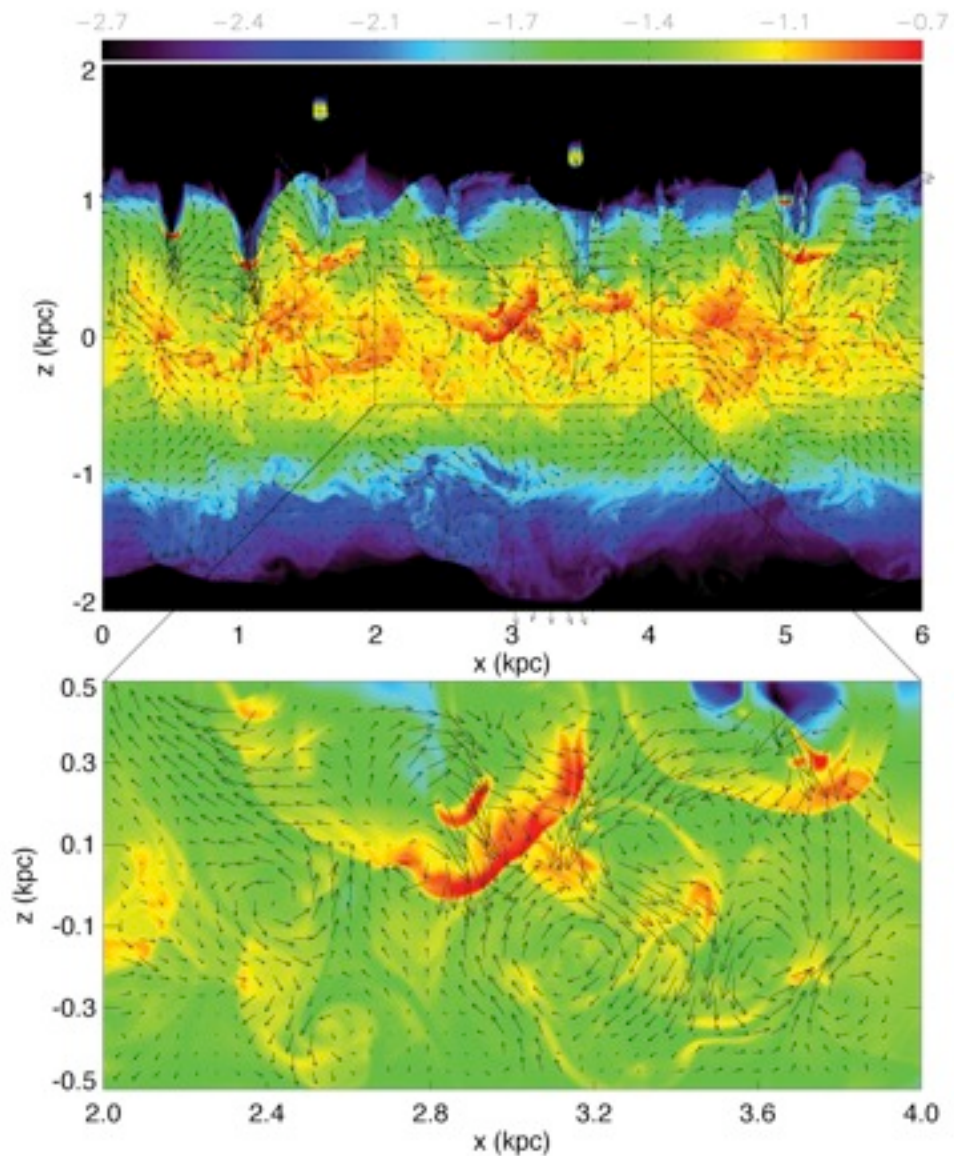
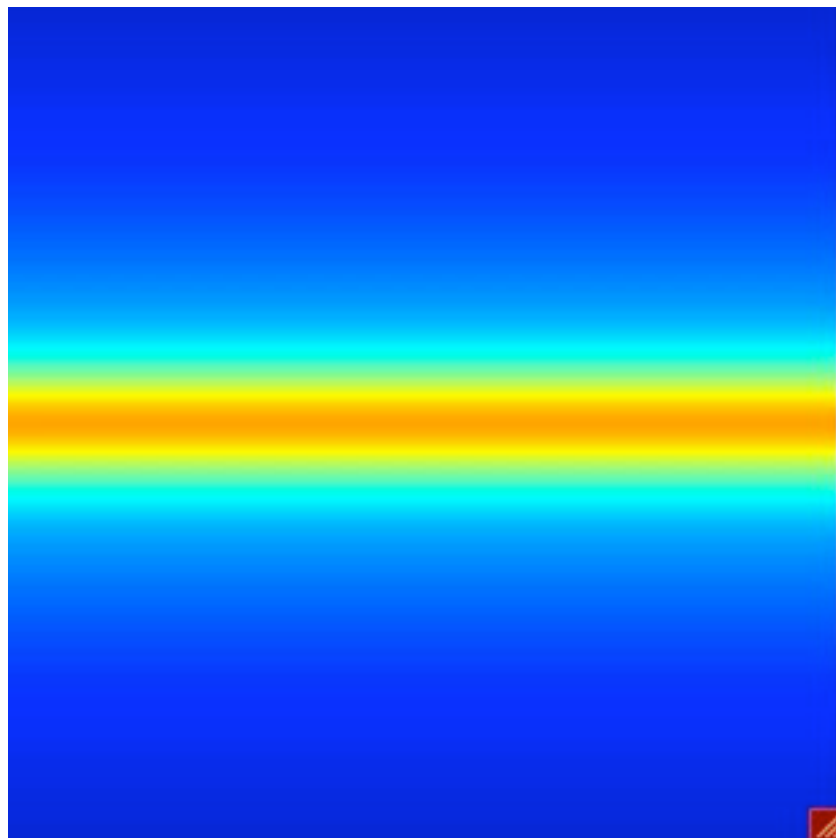
$$\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} + \nabla \cdot (\mathbf{v} \mathbf{B} - \mathbf{B} \mathbf{v}) = 0,$$

equation for hydrogen ionization/recombination

$$\begin{aligned} \frac{\partial n_{\text{n}}}{\partial t} + \nabla \cdot (n_{\text{n}} \mathbf{v}) \\ = n_{\text{p}} n_{\text{e}} \alpha(T) - n_{\text{n}} \left[ n_{\text{e}} C(T) + \int_{\nu_0}^{\infty} \sigma_{\nu} (4\pi J_{\nu} / h \nu) d\nu \right], \end{aligned}$$







# Los Protagonistas





Si usted no se encontró en las imagenes anteriores, le pediríamos de favor que se busque en la siguiente mesa

